



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2002189178 A**(43) Date of publication of application: **05.07.02**

(51) Int. Cl.

**G02B 26/08****B81C 1/00****B81C 3/00****H04N 5/74**(21) Application number: **2000388179**(71) Applicant: **TEXAS INSTR JAPAN LTD**(22) Date of filing: **21.12.00**(72) Inventor: **KAERIYAMA TOSHIYUKI**(54) **MICRO ELECTRO MECHANICAL SYSTEM**

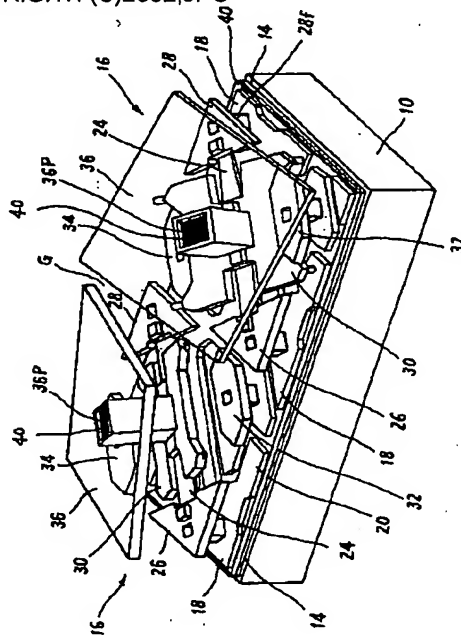
third metallic layer surface is filled.

## (57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve an optical function and reliability by suppressing undesired scattered light and light leakage.

**SOLUTION:** In this DMD(digital micromirror device), an SRAM(static random access memory) 12 is monolithically formed on the principal surface of a silicon substrate 10 as an address circuit for one cell, and a reflection type digital optical switch or an optical modulation element 16 for one cell made of a metal with three layers such as aluminum is monolithically formed on the SRAM12 through an oxide film 14. Each reflection type optical modulation element 16 has a bias bus 18 and yoke address electrodes 20 and 22 as a first metallic layer, has a torsion hinge 24, hinge supporting parts 26 and 28, a yoke 30, and mirror address electrodes 32 and 34 as a second metallic layer, and has a mirror 36 as a third metallic layer. A light absorbable and electrically non-conductive film 40 is provided so that part or the whole and the ground film (insulation layer) 14 of the first metallic layer is covered. Furthermore, the film 40 is provided so that a hole formed on the



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-189178  
(P2002-189178A)

(43)公開日 平成14年7月5日(2002.7.5)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト(参考)
G 0 2 B 26/08		G 0 2 B 26/08	E 2 H 0 4 1
B 8 1 C 1/00		B 8 1 C 1/00	5 C 0 5 8
	3/00	3/00	
H 0 4 N 5/74		H 0 4 N 5/74	B

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願2000-388179(P2000-388179)

(22)出願日 平成12年12月21日(2000.12.21)

(71)出願人 390020248

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社  
東京都新宿区西新宿六丁目24番1号

(72)発明者 梶山 敏之

東京都新宿区西新宿六丁目24番1号 日本  
テキサス・インスツルメンツ株式会社内

(74)代理人 100086564

弁理士 佐々木 聖孝

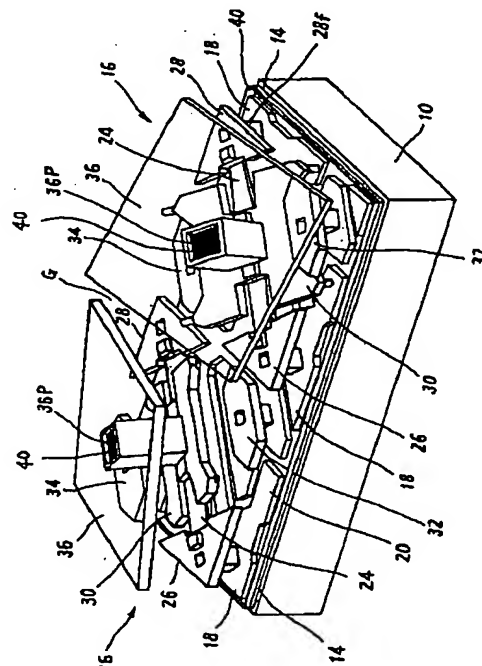
Fターム(参考) 2H041 AA11 AB14 AC06 AZ08  
5C058 AA18 AB00 BA08

(54)【発明の名称】 マイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム

(57)【要約】

【課題】 不所望な散乱光や漏れ光を抑制して光学的機能および信頼性を向上させること。

【解決手段】 このDMDにおいては、シリコン基板10の主面に1セル分のアドレス回路としてSRAM12がモノシリックに形成されるとともに、このSRAM12の上に酸化膜14を介して三層の金属たとえばアルミニウムからなる1セル分の反射型デジタル光スイッチまたは光変調素子16がモノシリックに形成されている。各反射型光変調素子16は、第1金属層としてバイアス・バス18およびヨークアドレス電極20、22を有し、第2金属層としてねじれヒンジ24、ヒンジ支持部26、28、ヨーク30およびミラーアドレス電極32、34を有し、第3金属層としてミラー36を有している。第1金属層の一部または全部および下地膜(絶縁膜)14を覆うように光吸収性かつ非導電性のフィルム40が設けられている。さらには、第3金属層表面に形成される穴を埋めるように上記フィルム40が設けられている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に電気回路とこの電気回路によって駆動制御される可動部とを設けたマイクロ・エレクトロ・メカニカル・システムにおいて、前記基板上に設けられている部材の一部または全部を覆う光吸収性の膜を有するマイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム。

【請求項2】 前記基板が半導体基板であり、前記電気回路が前記半導体基板の主面にモノシリックに形成された集積回路であり、前記可動部が前記集積回路の上に絶縁膜を介してモノシリックに形成されたマイクロマシンである請求項1に記載のマイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム。

【請求項3】 前記基板上に前記可動部が一定間隔で多数設けられ、少なくとも各隣接する前記可動部間の隙間の下領域に前記光吸収膜が設けられる請求項1または2に記載のマイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム。

【請求項4】 前記可動部が画像表示用の光学素子を構成する請求項1～3のいずれかに記載のマイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム。

【請求項5】 前記基板上に前記可動部が一定間隔で多数設けられ、前記可動部の表面に形成された穴に前記光吸収膜が設けられる請求項1～3のいずれかに記載のマイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム。

【請求項6】 前記可動部がミラーを含む請求項1～5のいずれかに記載のマイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム。

【請求項7】 前記膜が電気的に絶縁体である請求項1～6のいずれかに記載のマイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム。

【請求項8】 前記膜がカーボンブラックが分散している含フッ素樹脂膜からなる請求項1～7のいずれかに記載のマイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム。

【請求項9】 前記膜が、官能基を有する、主鎖に含フッ素樹脂族環構造を有する含フッ素重合体(A)、平均粒子径0.1μm未満のカーボンブラック(B)、オリゴマー型含フッ素界面活性剤(C)、非プロトン性含フッ素溶媒(D)および含フッ素アルコール(E)を必須成分とするコーティング用組成物であって、含フッ素重合体(A)とカーボンブラック(B)の合計量に対するカーボンブラック(B)の割合が1～30質量%であり、カーボンブラック(B)に対するオリゴマー型含フッ素界面活性剤(C)の割合が1～20質量%であり、非プロトン性含フッ素溶媒(D)と含フッ素アルコール(E)に対する含フッ素アルコール(E)の割合が10～20質量%である組成物から形成された含フッ素樹脂膜である請求項1～5のいずれかに記載のマイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マイクロ・エレクトロ・メカニカル・システムに係り、特に光学的な品質または信頼性を要求されるデバイスまたはシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】マイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム(MEMS)は、一般に半導体基板上にフォトエッチング等のウエハプロセスに基づいてモノリシックに形成された電氣的に制御可能なマイクロ・マシン(たとえばモータ、ギア、光変調素子等)を有するシステムである。

【0003】MEMSの一種であるDMD(Digital Micromirror Device)は、電気/機械/光学機能を1個の基板上に集積した反射型光変調器であり、たとえばシリコン基板上に一定サイズ(たとえば16μm平方角)の可動ミラーを一定ピッチ(たとえば17μm)でマトリクス状に多数(一般に数十万個以上)設け、各可動ミラーを各対応するアドレス回路の出力に応じて予め設定された2方向のうちの1つに向けるようになっている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来より、画像表示用のDMDにおいては、コントラスト比つまりフルON(全画素オン)/フルOFF(全画素オフ)のコントラスト比の向上が課題となっている。画像品質が重視される民生娯楽、デジタルシネマ等のアプリケーションではCRTと同程度のコントラスト比(約1000:1)が望まれるところ、従来のDMDで得られるコントラスト比は高々500:1程度である。

【0005】DMDのコントラスト比はONピクセルとOFFピクセルからの光量比により決定されるのであるが、OFFピクセルからの漏れ光がコントラスト比を制限する主たる要因となっている。この種の漏れ光は、ミラー隙間から中に入り込んだ光が下部構造で反射してミラー隙間から外に漏れてくるものやミラーをヨークに支持するための支持穴からの散乱および回折光などが支配的である。

【0006】本発明は、上記の問題点を鑑みてなされたもので、不所望な散乱光や漏れ光を抑制して光学的機能および信頼性を向上させるマイクロ・エレクトロ・メカニカル・システムを提供することを目的とする。

【0007】本発明の別の目的は、可動部の下部構造および上部構造からの光反射を低減ないし防止して光学的機能および信頼性を向上させるマイクロ・エレクトロ・メカニカル・システムを提供することにある。

【0008】本発明の他の目的は、コントラスト比の大幅な向上を実現する画像表示用のマイクロ・エレクトロ・メカニカル・システムを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するた

めに、本発明のマイクロ・エレクトロ・メカニカル・システムは、基板上に電気回路とこの電気回路によって駆動制御される可動部を設けたマイクロ・エレクトロ・メカニカル・システムにおいて、前記基板上に設けられている部材の一部または全部を覆う光吸収性の膜を有する構成とした。

【0010】本発明のマイクロ・エレクトロ・メカニカル・システムでは、基板上で不所望な漏れ光や散乱光の発生源となる部分に光吸収性の膜を被せることにより、その膜に光を吸収させて、反射散乱を低減ないし防止することができる。特に、可動部を一定間隔で多数設ける構成においては、各隣接する可動部間の隙間の下領域に該光吸収膜を設けることにより、隙間からの漏れ光を効果的に防止することができる。さらに、可動部の表面に形成された穴にも上記光吸収膜を設けることにより、この穴からの漏れ光、散乱光を低減ないし削減できる。したがって、可動部が画像表示用の光学的素子を構成する場合は、コントラスト比を大幅に改善することができる。

【0011】本発明における光吸収性膜は、好ましくは電気的に絶縁体からなり、複数の導電性部材を一体に覆う膜であってもそれらの部材を電気的に短絡させることなく安定に被覆する。また、可動部と接触する場合には、くっつかないように適度な硬度を有する膜であってよい。

【0012】本発明における光吸収性膜として好適な材質は、カーボンブラックが分散している含フッ素樹脂膜である。さらに好ましい材質は、官能基を有する、主鎖に含フッ素樹脂族環構造を有する含フッ素重合体

(A)、平均粒子径0.1  $\mu\text{m}$ 未満のカーボンブラック (B)、オリゴマー型含フッ素界面活性剤 (C)、非プロトン性含フッ素溶媒 (D) および含フッ素アルコール (E) を必須成分とするコーティング用組成物であって、含フッ素重合体 (A) とカーボンブラック (B) の合計量に対するカーボンブラック (B) の割合が1~30質量%であり、カーボンブラック (B) に対するオリゴマー型含フッ素界面活性剤 (C) の割合が1~20質量%であり、非プロトン性含フッ素溶媒 (D) と含フッ素アルコール (E) に対する含フッ素アルコール (E) の割合が10~20質量%である組成物から形成された含フッ素樹脂膜である。

【0013】かかる組成物によれば、カーボンブラックがnmオーダーで一次粒子に分散している黒色フッ素樹脂塗膜を得ることが可能である。この組成物から形成された含フッ素樹脂膜は、フッ素樹脂の特性に基づき電気絶縁性、低吸水性、低屈折率を有しており、光学的にも極めて信頼性の高い黒色被膜を与えることができる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、添付図を参照して本発明の好適な実施形態を説明する。

【0015】図1および図2に本発明の一実施形態におけるDMDの要部の構成を示す。このDMDにおいては、シリコン基板10の主面に1セル分のアドレス回路としてCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) からなるSRAM (Static Random Access Memory) 12がモノシリックに形成されるとともに、このSRAM12の上に酸化膜14を介して三層の金属たとえばアルミニウムからなる1セル分の反射型デジタル光スイッチまたは光変調素子16がモノシリックに形成されている。

【0016】より詳細には、各反射型光変調素子16は、酸化膜14上の第1層 (最下層) のメタル部材として1個のバイアス・バス18および一対 (左右) のヨークアドレス電極20、22を有し、第2層 (中間層) のメタル部材としてねじれヒンジ24、一対 (前後) のヒンジ支持部26、28、1個のヨーク30および一対 (左右) のミラーアドレス電極32、34を有し、第3層 (最上層) のメタル部材として1個のミラー36を有している。

【0017】第1メタル層において、左右のヨークアドレス電極20、22は、バイアス・バス18から分離して左右両側に線対称に配置されている。両ヨークアドレス電極20、22の所定の箇所に設けられているピアコンタクト部20a、22bは、酸化膜14のコンタクトホール (図示せず) を介して真下に位置するSRAM12の相補出力端子12a、12bにそれぞれ電気的に接続される。

【0018】第2メタル層において、ねじれヒンジ24は両ヒンジ支持部26、28の間に架け渡される。ヨーク30は、ねじれヒンジ24上に固着される中心部30cと両ヨークアドレス電極20、22と対向する左右の回転シーソープレート部30a、30bとを有している。両ミラーアドレス電極32、34は、両回転シーソープレート部30a、30bの外側にそれぞれ位置し、第3メタル層におけるミラー36の左右端部とそれぞれ対向している。

【0019】第2メタル層におけるヒンジ支持部26、28およびミラーアドレス電極32、34の垂直下方に延在する角筒状ポスト部26e、28f、32c、34dは、それぞれ直下に位置する第1メタル層の各部つまりバイアス・バス18のコンタクト部18e、18fおよびヨークアドレス電極20、22のコンタクト部20c、22dに接続される。このような第1および第2メタル層間での各対応する部分の接続により、第1メタル層のバイアス・バス18と第2メタル層のねじれヒンジ24、ヒンジ支持部26、28およびヨーク30ひいては第3メタル層のミラー36とが同一の電位を有し、第1メタル層のヨークアドレス電極20、22と第2メタル層のミラーアドレス電極32、34とがそれぞれ同一の電位を有するようになっている。

【0020】各セルにおいて、アドレス回路のSRAM 12にデータ“1”（または“0”）が書き込まれると、SRAM 12の両出力端子12a、12bより相補的な論理レベルを有する電圧がヨークアドレス電極およびミラーアドレス電極（20、32）、（22、34）にそれぞれ与えられる。

【0021】そうすると、データの値に応じて、左側ヨークアドレス電極20とヨーク30の左側回転シーソープレート部30aとの間および左側ミラーアドレス電極32とミラー36の左側端部との間か、もしくは、右側ヨークアドレス電極22とヨーク30の右側回転シーソープレート部30bとの間および右側ミラーアドレス電極34とミラー36の右側端部との間で静電引力が生じて、その静電トルクでねじれヒンジ24を左回りまたは右回りにねじらせながらヨーク30およびミラー36が一体に左側または右側に回転して傾く。この際、ヨーク30およびミラー36は、ヨーク30の両端部に一つずつ取付されているスプリングチップ30sが着地するまで回転する。これにより、ミラーの回転角または傾き角が2値（たとえば水平位置から左側に-10度と右側に+10度）の中の1つに選択される。

【0022】このDMDをデジタル・ディスプレイたとえばデジタルライトプロセッシング投射システムに用いる場合は、光源（図示せず）からの光をDMDの主面に対してたとえば20度の入射角で右側から入射させる。DMDの各セルにおいて、ミラー36が右側に+10度傾いたときは、該光源からの光を正面のプロジェクションレンズ（図示せず）側に反射することにより、その先のスクリーン上の対応する画素位置を投射光で明るく表示する。しかし、ミラー36が左側に-10度傾いたときは、光源からの光は正面に対して-40度の角度で反射するため、プロジェクションレンズから外れ、スクリーン上の対応する画素位置は暗く表示される。このようなミラー36のON、OFF動作に基づいて各画素の明るさに階調をもたせるために、たとえばパルス幅変調（PWM）技術が用いられる。

【0023】この実施形態のDMDでは、第1メタル層の一部または全部（図2の例は全部）および下地膜（絶縁膜）14を覆うように光吸収性かつ非導電性のフィルム（膜）40が設けられる。さらには、フィルム（膜）40は、第3メタル層のミラー36のビア36pにも設けられる。このフィルム40でヨークアドレス電極20、22またはバイアス・バス18を覆う場合は、第2メタル層のミラーアドレス電極32、34のポスト部32c、34dがヨークアドレス電極20、22のコンタクト部20c、22dに接続できるように、あるいはヒンジ支持部26、28のポスト部26e、28fがバイアス・バス18のコンタクト部18e、18fに接続できるように、膜40の各対応する箇所各ポスト部を通すためのコンタクトホール40c、40d、40e、4

0fが形成される。

【0024】この光吸収性のフィルム40に上方からの光が入射すると、光のエネルギーがフィルムに吸収されて減衰するので、このフィルム40自体からの反射光や散乱光が少ないだけでなく、その下に位置する第1メタル層の各部からの反射光や散乱光も抑制される。

【0025】このDMDのミラーアレイにおいては、各隣接するミラー36、36の間に隙間Gが形成される。たとえば、ミラー36のサイズを16μm平方角とし、セルピッチを17μmとした場合は、図3に示すように各ミラー36をフラット（水平）位置にした状態で隙間Gは1μmである。図1に示すように、各ミラー36が左右に傾くと、その周囲の隙間Gはフラット状態のときよりも拡大する。

【0026】このようなミラー隙間Gの中に周囲光が入り込むのは避けられない。しかし、本実施形態のDMDにおいては、ミラー隙間Gより中に入り込んだ光は、第1メタル層と下地膜（絶縁膜14）に被さっているフィルム40に入射することで、あるいは入射する度に、効率よく吸収される。これにより、ミラー隙間Gから外（上）へ漏れる光を非常に少なくすることができる。このようにしてOFFピクセルからの漏れ光を著しく低減できることにより、フルON/フルOFFコントラスト比を大幅に向上させることが可能であり、CRTと同程度の1000:1は言うまでもなく、2000:1程度まで実現することも可能である。

【0027】また、本実施形態における光吸収性フィルム40は電気的には絶縁体であるため、第1ないし第2メタル層の各部間、特にヨークアドレス電極20、22およびバイアス・バス18間を電気的にショートさせるおそれはない。また、フィルム40が適度な硬性と低い表面エネルギーを有することで、ヨーク30のスプリングチップ30sがフィルム40に当接または着地しても、互にくっつくことなく離れることができる。

【0028】また、図3に示すように、第3メタル層のミラー36のビア36pに入り込んだ光は、ビア36p内の側面、底面から反射、散乱、回折して戻る（反射することにより、OFFピクセルからの漏れ光となる。しかしながら、本実施形態のDMDにおいては、ビア36pに入り込んだ光はフィルム40により効率よく吸収されることにより、ビア36pからの漏れ光の影響を著しく低減できる。

【0029】フィルム40の材質として好適なものは、カーボンブラックが分散している含フッ素樹脂膜であり、より具体的には、官能基を有する、主鎖に含フッ素樹脂族環構造を有する含フッ素重合体（A）、平均粒子径0.1μm未満のカーボンブラック（B）、オリゴマー型含フッ素界面活性剤（C）、非プロトン性含フッ素溶媒（D）および含フッ素アルコール（E）を必須成分

とするコーティング用組成物であって、含フッ素重合体 (A) とカーボンブラック (B) の合計量に対するカーボンブラック (B) の割合が1〜30質量%であり、カーボンブラック (B) に対するオリゴマー型含フッ素界面活性剤 (C) の割合が1〜20質量%であり、非プロトン性含フッ素溶媒 (D) と含フッ素アルコール (E) に対する含フッ素アルコール (E) の割合が10〜20質量%である組成物 (F) から形成された含フッ素樹脂膜である。

【0030】上記の組成物 (F) は、カーボンブラック (B)、含フッ素アルコール (E) およびオリゴマー型含フッ素界面活性剤 (C) の混合物を超音波処理して得た分散液と、含フッ素重合体 (A) を非プロトン性含フッ素溶媒 (D) に溶解した溶液とを混合することによって製造できる。

【0031】含フッ素重合体 (A) としては、その中の官能基数が含フッ素重合体 (A) 1g 当たり0.001〜1ミリモルである含フッ素重合体 (A) が好ましい。

【0032】含フッ素アルコール (E) としては、分子中に65質量%以上のフッ素原子を含有する含フッ素アルコール (E) であることが好ましい。

【0033】また、オリゴマー型含フッ素界面活性剤 (C) としては、長鎖ポリフルオロアルキル基と親水性基とを有する平均分子量2000以上のオリゴマーであることが好ましい。

【0034】上記組成物 (F) における含フッ素重合体 (A) は、主鎖に脂肪族環構造を有する含フッ素重合体であって、かつ官能基を有する重合体である。

【0035】「主鎖に脂肪族環構造を有する」重合体とは、主鎖が炭素原子の連鎖からなる重合体であって、脂肪族環の環を構成する炭素原子の1個以上がその主鎖を構成する炭素原子であることをいう。主鎖の炭素原子は、単量体の重合性二重結合の2個の炭素原子に由来し、また、後述する2個の重合性二重結合を有する単量体の環化重合により形成される重合体の場合は通常2個の重合性二重結合の4個の炭素原子に由来する。脂肪族環の環を構成する原子としては炭素原子以外に酸素原子や窒素原子等を含んでいてもよい。好ましい脂肪族環は1〜2個の酸素原子を有する脂肪族環である。脂肪族環を構成する原子の数は4〜10個が好ましく、4〜7個がさらに好ましい。「含フッ素」脂肪族環とは環を構成する炭素原子等にフッ素原子含有置換基（たとえばポリフルオロアルキル基）やフッ素原子が結合している脂肪族環であることをいう。なお、この重合体の主鎖の炭素原子としては通常環を構成しない炭素原子を含んでいてもよい。

【0036】上記組成物 (F) における主鎖に脂肪族環構造を有する含フッ素重合体（以下、「フッ素系環構造含有重合体」ともいう。）としては、脂肪族環を構成する炭素原子間に重合性二重結合を有する単量体または脂

肪族環を構成する炭素原子と脂肪族環外に炭素原子との間に重合性二重結合を有する単量体から選ばれる単量体（以下、両者を「環状単量体」という。）の単独重合体や共重合体、または、2個の重合性二重結合を有する単量体（以下、「ジエン系単量体」という。）を環化重合して得られる単独重合体や共重合体がある。共重合体としては、環状単量体と他の単量体との共重合体、ジエン系単量体と他の単量体との共重合体、環状単量体とジエン系単量体との共重合体などがある。

【0037】これら環状単量体やジエン系単量体はフッ素原子を有する単量体であり、高度にフッ素化された単量体であることが好ましい。「高度にフッ素化された」とは、炭素原子に結合した水素原子と炭素原子に結合したフッ素原子の合計数に対する炭素原子に結合したフッ素原子の数の割合が80%以上であることをいう。より好ましくはパーフルオロ単量体（このフッ素原子の数の割合が100%である単量体）である。また、パーフルオロ単量体のフッ素原子の1〜4個（ただし全フッ素原子の数の1/2以下）が塩素により置換されたパーハロポリフルオロ単量体も使用できる。これらと共重合させるこれら以外の単量体としてもパーフルオロ単量体やパーハロポリフルオロ単量体が好ましい。

【0038】上記組成物 (F) における含フッ素重合体 (A) は、官能基を有するフッ素系環構造含有重合体である。官能基の導入は、官能基含有環状単量体や官能基含有ジエン系単量体を重合させることによっても行いうるが、通常は環状単量体、ジエン系単量体以外の官能基含有単量体を環状単量体やジエン系単量体と共重合させることによって行うことが好ましい。さらに好ましくは、重合開始剤や連鎖移動剤などに由来する重合体末端基を官能基として利用した重合体である。上記組成物 (F) の含フッ素重合体 (A) やその製造方法は公知であり、たとえば、特開平4-189,880号、特開平4-226,177号、特開平11-279,504号などに記載されている。

【0039】環状単量体の代表例としてはパーフルオロ（2,2-ジメチル-1,3-ジオキソール）がある。この単量体を重合することにより、またこの単量体とテトラフルオロエチレン、クロロトリフルオロエチレン、パーフルオロ（メチルビニルエーテル）などのラジカル重合性単量体とを共重合させることにより、フッ素系環構造含有重合体を得られる（特公昭63-018,964号参照）。

【0040】ジエン系単量体の代表例としてはパーフルオロ（アリルビニルエーテル）やパーフルオロ（ブチルビニルエーテル）がある。この単量体を重合することにより、またこの単量体とテトラフルオロエチレン、クロロトリフルオロエチレン、パーフルオロ（メチルビニルエーテル）などのラジカル重合性単量体とを共重合させることにより、フッ素系環構造含有重合体を得られる

(特開昭63-238, 111号, 特開昭63-238, 115号参照)。

【0041】ジエン系単量体としては、 $\text{CF}_2=\text{CF}-\text{Q}-\text{CF}=\text{CF}_2$ で表される単量体が好ましい。ただし、Qは、炭素数10以下の、エーテル性酸素原子を有していてもよいパーフルオロアルキレン基を示す。エーテル性酸素原子はパーフルオロアルキレン基の一方の末端に存在していてもよく、両末端に存在していてもよく、炭素原子間に存在していてもよい。エーテル性酸素原子を有しないパーフルオロアルキレン基の場合は炭素数2~6、一方の末端にエーテル性酸素原子を有するまたは炭素原子間にエーテル性酸素原子を有するパーフルオロアルキレン基の場合は炭素数1~4、両末端にエーテル性酸素原子を有するパーフルオロアルキレン基の場合は炭素数1~3であることがより好ましい。

【0042】 $\text{CF}_2=\text{CF}-\text{Q}-\text{CF}=\text{CF}_2$ の環化重合により環状モノマー単位を有する重合体が生成する。このようにジエン系単量体の環化重合により生成する重合体の主鎖の炭素原子は2個の重合性2重結合の4個の炭素原子に由来する。

【0043】ジエン系単量体の共重合体としては、環状単量体との共重合体が好ましい。具体的には、たとえば、パーフルオロ（アリルビニルエーテル）やパーフルオロ（ブチルビニルエーテル）とパーフルオロ（2,2-ジメチル-1,3-ジオキソール）との共重合体がある。

【0044】フッ素系環構造含有重合体の全モノマー単位に対する脂肪族環構造を有するモノマー単位の割合は20モル%以上、特に40モル%以上が好ましい。脂肪族環構造を有するモノマー単位とは、環状単量体の重合した単位およびジエン系単量体の環化重合した単位をいう。

【0045】含フッ素重合体(A)としては、重合体中に分散させる色素の耐湿信頼性や耐薬品性向上の観点から、官能基部分（すなわち、官能基を有する側鎖部分や官能基を有する末端部分）を除いて、炭素原子に結合した水素原子を実質的に含まない重合体であることが好ましい。特に官能基部分を除いてパーフルオロ重合体であることが好ましい。

【0046】含フッ素重合体(A)の官能基としては、カルボン酸基、スルホン酸基、エステル結合を有する基、アルケニル基、水酸基、マレイミド基、アミノ基、シアノ基、イソシアネート基などが挙げられる。官能基としては、シリコン基板などの基材上への密着が良好で、保存時の安定性の観点から、カルボン酸基が特に好適である。

【0047】含フッ素重合体(A)中の官能基の数は、基材との密着性確保の点より含フッ素重合体(A)1g当たり0.001~1ミリモルが好ましい。0.001未満の場合は、基材との密着性が充分でなく、1ミリモ

ルを超える場合は、溶媒に対する溶解性が低下し分散性に悪影響を及ぼすおそれがある。そのため、官能基数としては含フッ素重合体(A)1g当たり0.01~0.2ミリモルがより好ましい。

【0048】フッ素系環構造含有重合体に官能基を導入して含フッ素重合体(A)を得る方法としては、上記のように、フッ素系環構造含有重合体を製造した後その重合体に官能基を導入する方法、フッ素系環構造含有重合体を形成しうる単量体の重合の際、官能基を有しかつその単量体と共重合しうる単量体を共重合させる方法等がある。官能基の代わりに官能基に変換しうる基（以下、「前駆官能基」という。）を有するフッ素系環構造重合体を製造した後、その前駆官能基を官能基に変換して目的とする官能基含有重合体を製造することもできる。前駆官能基としては、たとえばアルコキシカルボニル基があり、このアルコキシカルボニル基は加水分解によりカルボン酸基に変換される。具体的方法としては、たとえば上記特開平11-279, 504号に記載されている方法がある。

【0049】上記組成物(F)におけるカーボンブラック(B)の平均粒子径は、0.1 $\mu\text{m}$ 未満であり、0.02~0.08 $\mu\text{m}$ であることが好ましい。平均粒子径が0.1 $\mu\text{m}$ 以上の場合には分散安定性が不充分となる。このカーボンブラックの種類や製法は特に限定されるものではない。また、このカーボンブラックは特に表面処理を必要としないが、事前に特開平7-112, 126号で示されるような含フッ素シランカップリング剤などの表面処理剤で処理されたものであってもよい。

【0050】上記組成物(F)におけるオリゴマー型含フッ素界面活性剤(C)は、疎水性の高い基である長鎖ポリフルオロ炭化水素基とその基に対して相対的に親水性である基とを有するオリゴマーである。長鎖ポリフルオロ炭化水素基としては、炭素数4~2の長鎖ポリフルオロアリル基が好ましい。相対的に親水性である基としては、ポリオキシエチレン基が好ましい。長鎖ポリフルオロ炭化水素基を有する単量体とポリオキシエチレン基を有する単量体とを共重合させて目的のオリゴマーを製造できる。このオリゴマー型含フッ素界面活性剤

(C)の平均分子量は2000以上が好ましく、特に5000~10万が好ましい。分子量が2000未満の場合、カーボンブラックの分散性が不充分となりやすい。また、分子量があまりに高すぎる場合は溶媒に対する溶解性が不充分となる。

【0051】長鎖ポリフルオロ炭化水素基を有する単量体としては、下記式(1)で表される単量体が好ましく、ポリオキシエチレン基を有する単量体としては、下記式(2)で表される単量体が好ましい。

【0052】





【0053】式(1)、式(2)において、Rは水素原子またはメチル基、R'は炭素数4~20の直鎖状パーフルオロアルキル基、nは1~8の整数、Rは水素原子、アルキル基またはアシル基を表す。

【0054】オリゴマー型含フッ素界面活性剤(C)はまた上記2種の単量体とともにさらにそれら以外の共重合性単量体の1種以上を共重合せしめて得られる共重合体であってもよい。他の単量体としては上記2種の単量体以外のアクリレートやメタクリレート、スチレンなどの炭化水素系単量体などがある。他の単量体の割合は、全単量体に対して80質量%以下、特に50質量%以下が好ましい。

【0055】上記単量体をラジカル重合せしめることにより目的のオリゴマーが得られる。重合は適当な開始剤および連鎖移動剤存在下に重合を行うことにより所望の分子量のオリゴマーを得ることが可能である。

【0056】上記組成物(F)中のオリゴマー型含フッ素界面活性剤(C)の量は、分散安定性が発揮されるのに有効な量である限り限定されるものではない。より高い分散安定性を達成するためには、カーボンブラック(B)に対し1~20質量%であることが好ましく、特に5~15質量%であることが好ましい。過剰のオリゴマー型含フッ素界面活性剤(C)の存在は逆にカーボンブラックの凝集を引き起こすおそれがある。

【0057】含フッ素重合体(A)およびカーボンブラック(B)の合計質量に対するカーボンブラック(B)の合計質量の割合、すなわち(B)/{(A)+(B)}で表される質量割合は1~30質量%であり、特に5~20質量%が好ましい。この割合が低すぎるとカーボンブラックの特性が十分に発揮されず、またこの割合が高すぎると分酸性が低下し、上記組成物(F)から得られる樹脂膜の機械的な強度を低下させる。

【0058】上記組成物(F)は、非プロトン性含フッ素溶媒(D)および含フッ素アルコール(E)の2種の溶媒を含有することを必須とする。

【0059】非プロトン性含フッ素溶媒(D)とは、通常の使用条件下では解離せずプロトンを生じない含フッ素溶媒であり、公知または周知のものが使用できる。また、上記組成物(F)は、非プロトン性含フッ素溶媒(D)を2個以上含有してもよい。具体的溶媒としては、たとえば以下の溶媒がある。

【0060】パーフルオロデカリン、パーフルオロシクロヘキサン、パーフルオロヘキサン、パーフルオロオクタン、1H、1H、1H、2H、2H-パーフルオロオクタン、1H、1H、1H、2H、2H-パーフルオロデカンなどの含フッ素脂肪族炭化水素類。パーフルオロトリベンチルアミン、パーフルオロトリブチルアミン、パーフルオロトリプロピルアミンなどの含フッ素アルキルアミン類。パーフルオロ(2-ブチルテトラヒドロフラン)などの含フッ素環状エーテル類。メチルパーフルオロブチルエーテ

ル、メチルパーフルオロヘキシルエーテルなどのハイドロフルオロエーテル類。

【0061】含フッ素アルコール(E)としては、フッ素含有量の高い常温で液状の含フッ素アルコールが好ましい。その炭素数は2~20、特に2~12が好ましく、また特に1級の含フッ素アルコールが好ましい。また、含フッ素重合体(A)とカーボンブラック(B)との親和性を向上させるために、そのフッ素含量は高いことが好ましく、特にそのフッ素含量は65質量%以上あるものが好ましい。上記組成物(F)は、含フッ素アルコール(E)を2種以上含有してもよい。具体的含フッ素アルコール(E)としては、たとえば以下の化合物がある。

CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH、F(CF<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH、F(CF<sub>2</sub>)<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH、F(CF<sub>2</sub>)<sub>4</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH、F(CF<sub>2</sub>)<sub>5</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH、F(CF<sub>2</sub>)<sub>6</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH、H<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH。

【0062】上記組成物(F)における非プロトン性含フッ素溶媒(D)と含フッ素アルコール(E)の合計質量に対する含フッ素アルコール(E)の割合、すなわち(E)/{(D)+(E)}で表される質量割合は、10~20質量%である。この割合が10質量%未満の場合はカーボンブラックの分散性が不十分になる傾向があり、20質量%を超えると含フッ素重合体の溶解性が不十分となって含フッ素重合体が析出するおそれがある。さらに、非プロトン性含フッ素溶媒(D)に対する含フッ素重合体(A)の割合は含フッ素重合体(A)の溶解度以下であり、20質量%以下が好ましく、特に0.1~16質量%が好ましい。その割合が高すぎる場合にはコーティング用組成物の粘度が著しく高くなり、その取扱いが困難となり、また組成物の塗布性やフィルム形成性も低下しやすい。

【0063】上記組成物(F)は各成分を混合することにより得られる。混合方法に特に制限はないが、カーボンブラック(B)の分散安定性が向上した組成物を得るためには予めカーボンブラック(B)をオリゴマー型含フッ素界面活性剤(C)とともに溶媒に充分分散させ、その後他の成分と混合するのが好ましい。予めカーボンブラック(B)を分散させる溶媒としては含フッ素アルコール(E)が好ましい。また、含フッ素アルコール(E)と非プロトン性含フッ素溶媒(D)の一部からなる混合溶媒であってもよい。カーボンブラック(B)を予め溶媒に充分分散させる方法としては超音波を使用して分散させる方法が好ましい。

【0064】カーボンブラック(B)をオリゴマー型含フッ素界面活性剤(C)とともに含フッ素アルコール(E)に充分分散させた分散液と含フッ素重合体(A)の非プロトン性含フッ素溶媒(D)溶液とを混合することにより非常に良好な分散体を得ることができる。両者を混合した後さらに超音波処理して分散安定性をさらに



高めることもできる。

【0065】次に、図4～図13を参照してこの実施形態におけるDMDの製造方法を説明する。

【0066】先ず、図4に集積回路の一部（CMOSインバータ）を模式的に示すように、シリコン基板10の主面に公知のウエハプロセスを用いて各セル毎にアドレス回路としてCMOSのSRAM12を作成する。後述する図5以降では、図解の便宜上SAM12のデバイス構造を図示省略する。

【0067】次に、図5に示すように、SRAM12の表面保護膜の上に厚い酸化膜14を堆積してCMP（Chemical Mechanical Polishing）により平坦化し、その上にアルミニウムをスパッタ法で被着してからパターンニングして第1メタル層の各部つまりバイアス・バス18およびヨークアドレス電極20、22を形成する。ここで、図示省略するが、ヨークアドレス電極20、22のコンタクト部20a、22bが酸化膜14に形成されるコンタクトホールを介して直下のSRAM12の相補出力端子12a、12bに接続される。

【0068】次に、図6に示すように、第1メタル層の各部および露出している酸化膜14を全面的に覆うように所定の膜厚で上記組成物（F）をスピンコート法により塗布し、その後乾燥させて溶媒を除いてフィルム40を形成する。

【0069】次に、図7に示すように、乾燥したフィルム40の上にスペーサとして有機ポリマー42を積層した後、フォトリソ法でパターンニングして、第1メタル層のコンタクト部（20c、22d、18e、18f）が位置する箇所をコンタクト開孔する。

【0070】次に、図8に示すように、第2メタル層の第1段階として基板表面の全面にアルミニウム膜をスパッタ法で薄く被着してからパターンニングにしてねじれヒンジ24を形成する。

【0071】次いで、図9に示すように、第2メタル層の第2段階として基板表面の全面にアルミニウム膜をスパッタ法で厚めに被着しパターンニングにしてヒンジ支持部26、28、ヨーク30、ミラーアドレス電極32、34を形成する。

【0072】次に、図10に示すように、有機ポリマー層（スペーサ）44を基板上全面に積層し、フォトリソ法によりセル中心部にビアホール44vを形成してから、全面に第3メタル層のアルミニウム36をスパッタ法で所定の厚みに被着する。この際、第3メタル層36はビアホール44vの内壁にも被着するとともに、ビアホール底部にて第2メタル層のヨーク30に接続する。

【0073】次に、図11に示すように、第3メタル層の全面を覆うように所定の膜厚で上記組成物（F）からなるフィルム40をスピンコート法により塗布し、乾燥させる。

【0074】次いで、図12に示すように、フィルム40を異方性エッチングにより第3メタル層のビア36pの開口付近までエッチバックして、第3メタル層のビア36pにフィルム40を残す。

【0075】図13に示すように、次いで、第3メタル層のうち図3のパターンで隙間Gとなる部分をフォトリソで除去することにより各セルのミラー36を形成し、最後に、等方性プラズマエッチングにより有機ポリマー層（スペーサ）42、44をアンダーカット（除去）する。その結果、各メタル層間に空隙が形成され、ヨーク30とミラー36はねじれヒンジ24を介してヒンジ支持部26、28に吊られた状態で一体的に回転可能となり、光変調素子16が完成する。第3メタル層のビア36pはミラー36をヨーク30に接続するためのミラーサポートポストを構成する。なお、有機ポリマー層42、44の等方性プラズマエッチングによってカーボンブラックが分散しているフッ素樹脂膜がエッチングされることはない。これはフッ素樹脂のフッ素化学結合が切断されることがないからである。したがって、フィルム40はアンダーカット後にマイクロミラー構造体の構成要素として残る。

【0076】上記した実施形態では、フィルム40を第1メタル層の各部に全面的に被さるように形成したが、必要に応じて第1メタル層の一部を選択的に露出させる構成も可能である。たとえば、ヨーク30のスプリングパッド30sが着地する箇所においてフィルム40を切り欠いてバイアス・バス18を露出させる構成とすることも可能である。また、フィルム40をミラー隙間Gの下方の領域だけに局所的に設ける構成でも、相当の光反射または散乱抑制効果を得ることができる。

【0077】あるいは、別の実施形態として、第2メタル層の部材たとえばヒンジ支持部26、28やミラーアドレス電極32、34やヨーク30等にフィルム40を部分的または全面的に被せる構成も可能である。

【0078】上記実施形態におけるDMD構造は一例である。たとえば、マイクロマシンを駆動するための電気回路を基板上に非モノリシックに形成する構造も可能であり、絶縁膜14上に2層または4層以上で形成された金属部材からなるマイクロマシン構造も可能である。また、本発明はDMD以外のマイクロ・エレクトロ・メカニカル・システムにも適用可能である。

【0079】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のマイクロ・エレクトロ・メカニカル・システムによれば、不所望な散乱光や漏れ光を発生しないようにして、光学的機能および信頼性を向上させることができる。特に、画像表示のアプリケーションでは、コントラスト比の大幅な向上を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態によるDMDの要部の構成

を示す斜視図である。

【図2】実施形態におけるDMDの要部の構成を示す分解斜視図である。

【図3】実施形態におけるDMDのミラーアレイ構造を示す平面図である。

【図4】実施形態におけるDMD製造方法の一工程を示す略断面図である。

【図5】実施形態におけるDMD製造方法の一工程を示す略断面図である。

【図6】実施形態におけるDMD製造方法の一工程を示す略断面図である。

【図7】実施形態におけるDMD製造方法の一工程を示す略断面図である。

【図8】実施形態におけるDMD製造方法の一工程を示す略断面図である。

【図9】実施形態におけるDMD製造方法の一工程を示す略断面図である。

【図10】実施形態におけるDMD製造方法の一工程を示す略断面図である。

【図11】実施形態におけるDMD製造方法の一工程を\*

示す略断面図である。

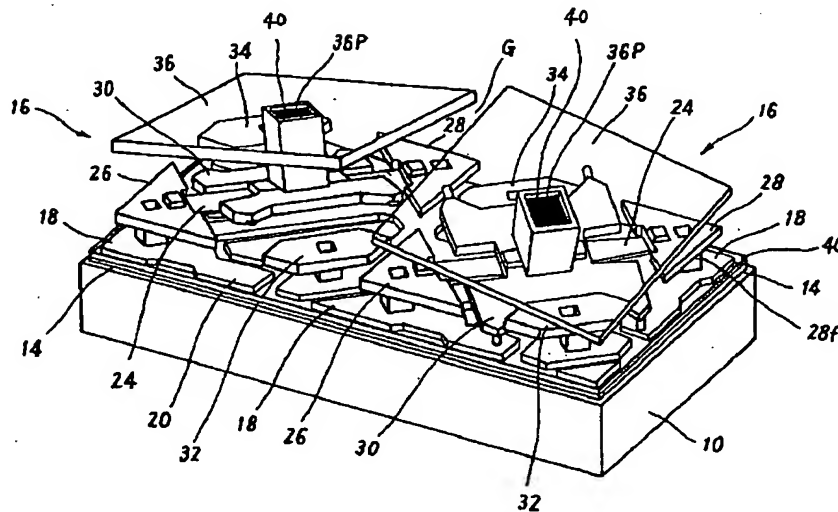
【図12】実施形態におけるDMD製造方法の一工程を示す略断面図である。

【図13】実施形態におけるDMD製造方法の一工程を示す略断面図である。

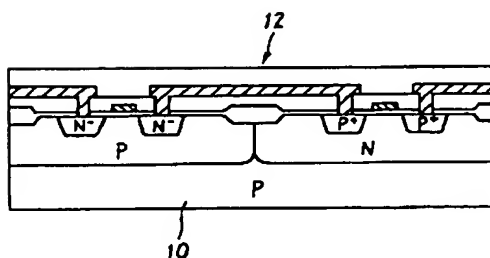
【符号の説明】

- 10 シリコン基板
- 12 SRAM（アドレス回路）
- 14 絶縁膜
- 16 光変調素子
- 18 バイアス・バス
- 20, 22 ヨークアドレス電極
- 24 ねじれヒンジ
- 26, 28 ヒンジ支持部
- 30 ヨーク
- 32, 34 ミラーアドレス電極
- 36 ミラー
- 40 光吸収性フィルム
- 42, 44 有機ポリマー（スペーサ）

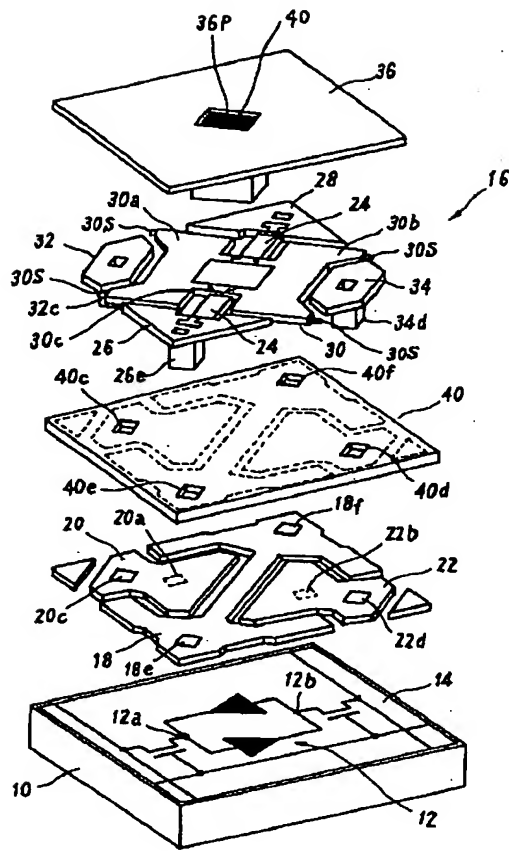
【図1】



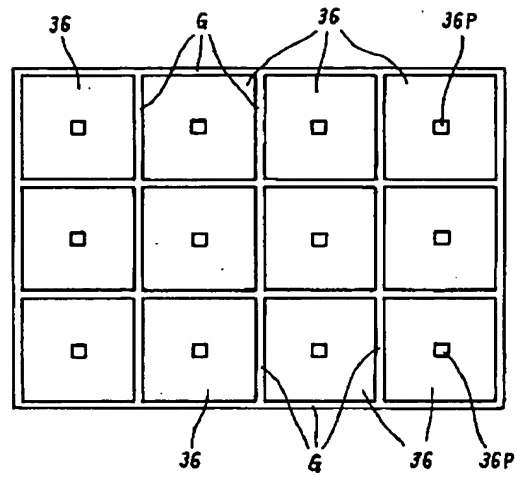
【図4】



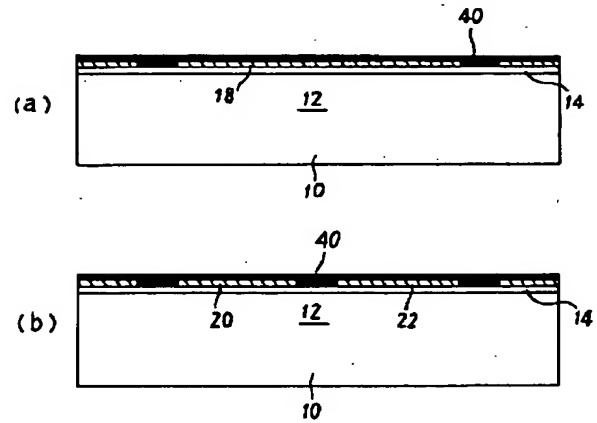
【図2】



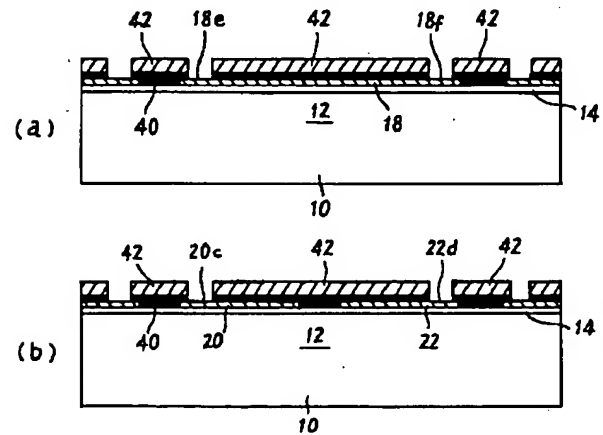
【図3】



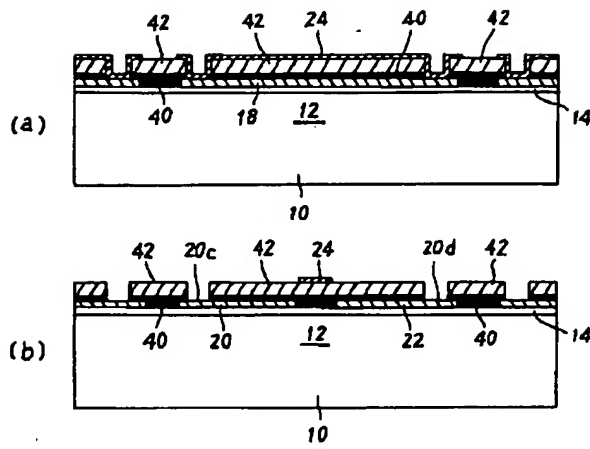
【図6】



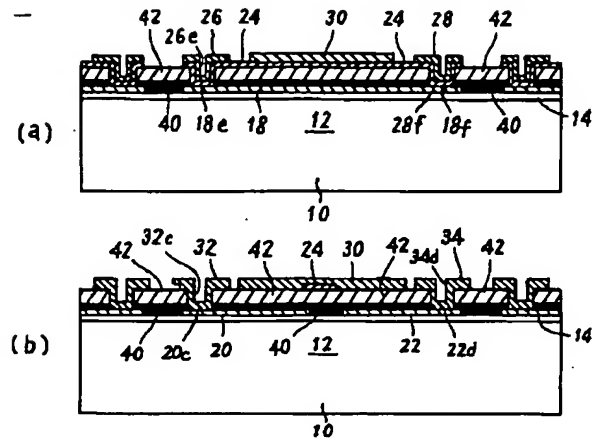
【図7】



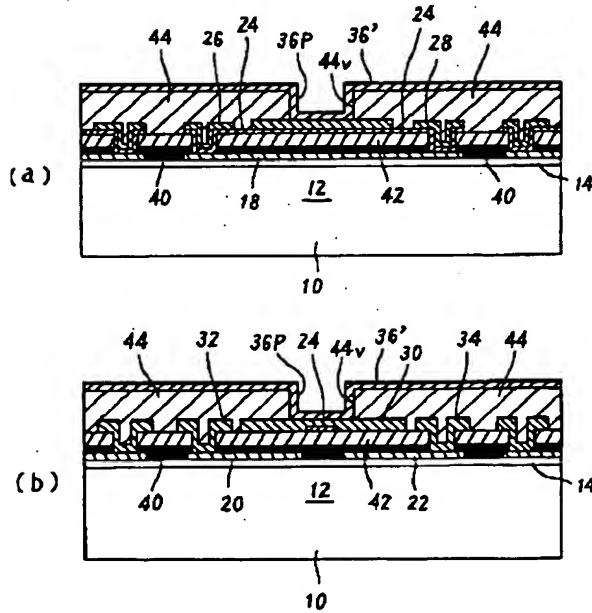
【図8】



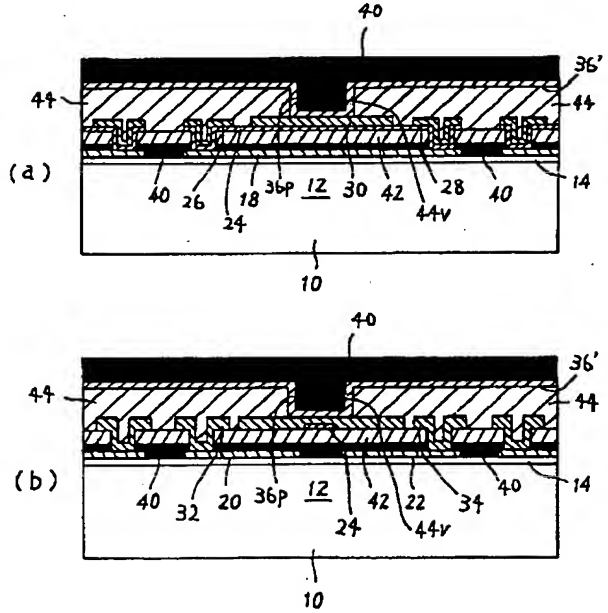
【図9】



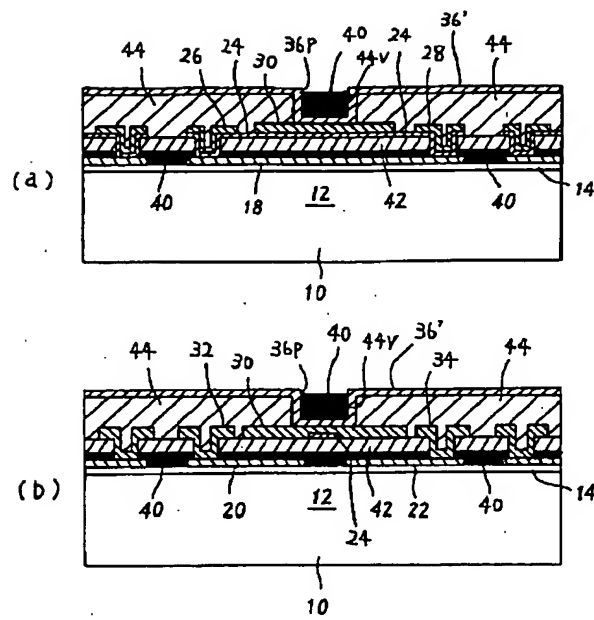
【図10】



【図11】



【図12】



【図13】

